









## Circuit arrangement for determining the temperature of a current regulated electric coil.

**Patent number:** EP0636869  
**Publication date:** 1995-02-01  
**Inventor:** MENTEN FRANK DIPL-ING FH (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
 - International: G01K15/00  
 - european: G01K15/00  
**Application number:** EP19930112002 19930727  
**Priority number(s):** EP19930112002 19930727

### Also published as:

 US5645352 (A1)  
 JP7092033 (A)  
 EP0636869 (B1)

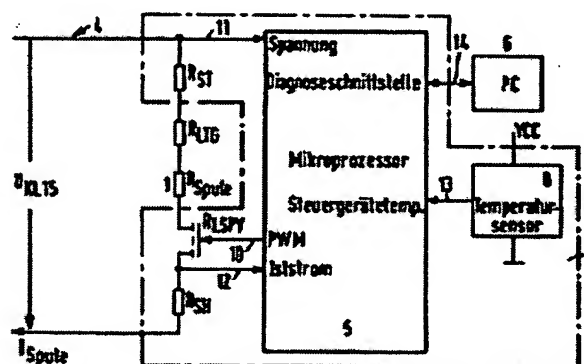
### Cited documents:

 DE3240153  
 EP0192373  
 JP58121418  
 JP58121419  
 JP58061432

### Abstract of EP0636869

The temperature of a current-regulated electric coil 1, for example the coil of an electromagnetic proportional valve of a hydraulic setting device in a motor vehicle, is determined by measuring the ohmic resistance of the coil winding. The average current through the coil 1 is regulated by a control and evaluation circuit 5, using a pulse-width-modulated setting signal (PWM). At a temperature of the coil 1 which coincides with the temperature of a temperature sensor 8, a correction value is determined, which takes into account the disturbance influence of the other resistances in the coil circuit 4 on the temperature thereof. The temperature of the coil 1 is then calculated from its supply voltage  $U_{K15}$ , the mark-space ratio of the coil current  $I_{Spule}$  and the coil current itself, taking into account the correction value.

FIG 2



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 636 869 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 93112002.6

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: G01K 15/00

22 Anmeldetag: 27.07.93

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
01.02.95 Patentblatt 95/05

71 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
Wittelsbacherplatz 2  
D-80333 München (DE)

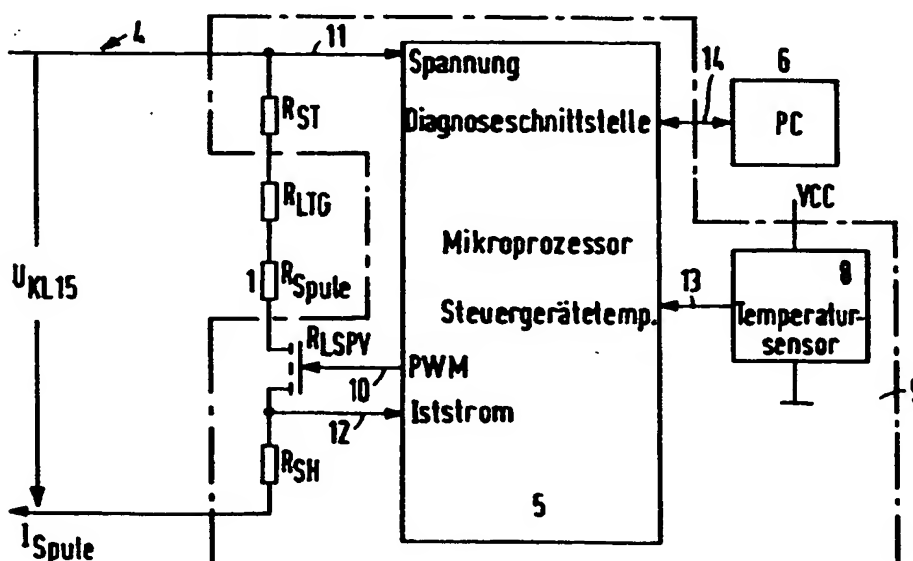
84 Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

72 Erfinder: **Menten, Frank, Dipl.-Ing. (FH)**  
Hoher-Kreuz-Weg 4  
D-93055 Regensburg (DE)

54 Schaltungsanordnung zum Ermitteln der Temperatur einer stromgeregelten elektrischen Spule.

57 Die Temperatur einer stromgeregelten elektrischen Spule 1, z.B. der Spule eines elektromagnetischen Proportionalventils einer hydraulischen Stellvorrichtung in einem Kraftfahrzeug, wird durch Messen des ohmschen Widerstandes der Spulenwicklung ermittelt. Der mittlere Strom durch die Spule 1 wird von einer Steuer- und Auswerteschaltung 5 mit einem pulsweitenmodulierten Stellsignal (PWM) geregelt. Bei mit der Temperatur eines Temperatursensors 8 übereinstimmender Temperatur der Spule 1 wird ein Korrekturwert ermittelt, der den Störeinfluß der sonstigen Widerstände in dem Spulenstromkreis 4 auf dessen Temperatur berücksichtigt. Die Temperatur der Spule 1 wird dann aus deren Versorgungsspannung  $U_{KL15}$ , dem Puls-Pause-Verhältnis des Spulenstroms  $I_{Spule}$  und dem Spulenstrom selbst unter Berücksichtigung des Korrekturwertes berechnet.

FIG 2



EP 0 636 869 A1

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 und Anspruch 6. Sie dient zum Ermitteln der Temperatur beispielsweise der Spule eines elektromagnetischen Proportionalventils in einer hydraulischen Stellvorrichtung, wie sie z.B. bei Kraftfahrzeug-Lenksystemen verwendet werden.

Ein bekanntes Hinterachslenksystem (US-A 4 770 264) enthält eine solche Stellvorrichtung mit einem hydraulischen Stellglied, das einen hydraulischen Stellzylinder und ein den Flüssigkeitsstrom zu dem Stellzylinder bestimmendes elektrisch betätigtes Steuerventil oder Proportionalventil aufweist. Sie enthält auch ein elektronisches Steuergerät, durch das die von verschiedenen Sensoren in dem Kraftfahrzeug gelieferten Signale ausgewertet und Steuersignale für das Stellglied erzeugt werden. Bekannt ist auch ein elektronisches Steuergerät, dessen Aufgabe es ist, die Lage des Stellzylinder-Kolbens einer Hinterachslenkung zu regeln (WO 89/10 865).

Die Öldurchflüßmengen innerhalb der Komponenten eines hydraulischen Stellgliedes sind viskositäts- und damit temperaturabhängig. Insbesondere bei tiefen Temperaturen werden die Nominaldurchflußwerte nicht erreicht. Eine Folge davon ist, daß sich die Regelabweichung und die Positioniergenauigkeit des Stellsystems bei tiefen Temperaturen verschlechtern. Man kann, um die Temperaturabhängigkeit der Lageregelung zu berücksichtigen, die Temperatur des Stellgliedes, die ein ungefähres Maß für die Temperatur des Hydrauliköls ist, mit einem eigenen Temperatursensor messen. Ein solcher Sensor und die dazu erforderlichen Anschlüsse stellen allerdings einen nicht unbeachtlichen Aufwand dar.

Bekannt ist es auch, bei einer Steuerung eines automatischen Kraftfahrzeuggetriebes die Temperatur aus dem temperaturabhängig veränderlichen elektrischen Widerstand eines Getriebeelements zu bestimmen (DE-A 32 40 153). Es hat sich aber gezeigt, daß die Genauigkeit der Temperaturermittlung nicht nur von der Temperatur der Spule - und damit von dem Spulenwiderstand - und der Versorgungsspannung der Spule abhängt, sondern auch von dem elektrischen Gesamtwiderstand des Spulenstromkreises. Dieser hängt von den sonstigen Widerständen, wie z.B. Übergangswiderständen, Leitungswiderständen usw. ab, die in der Summe einen Temperatur-Offset verursachen, der von Spulenkreis zu Spulenkreis verschieden ist und den ermittelten Temperaturwert verfälscht. Man kann zwar einen Temperatursensor direkt in der Spule integrieren, dies ist aber wegen der schwierigen Befestigungsmöglichkeit und der nötigen, aus der Spule herauszuführenden Leitungen und Steckerkontakte sehr aufwendig und auch störanfällig.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Temperatur einer stromgeregelten elektrischen Spule genau zu bestimmen, ohne einen Temperatursensor an der Spule anbringen zu müssen.

Diese Aufgabe wird durch die Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 und das Verfahren nach Anspruch 6 gelöst. Zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen niedergelegt. Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung liegt insbesondere darin, daß sie zuverlässig und wenig störanfällig ist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Regelkreis, mit dem der eine Spule eines Elektromagneten durchfließende Strom geregelt wird, in schematischer Darstellung, und

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung als Blockschaltbild.

In einem herkömmlichen Regelkreis (Figur 1) wird der elektrische Strom, der eine Spule 1, z.B. die Spule eines elektromagnetischen Proportionalventils, durchfließt, mit einem Stromregler 2 geregelt. Eingangssignal des Stromreglers ist die Regelabweichung, d.h. die Differenz zwischen dem Sollstrom und dem Iststrom. Ausgangssignal des Stromreglers 2 ist ein Stellsignal PWM in Form eines pulsweitenmodulierten Signals, das den Spulenstrom  $I_{Spule}$  regelt. Maßgebend für die Höhe des Spulenstroms ist das Puls-Pausen-Verhältnis  $ppv$  des Stellsignals.

Die Temperatur der Spule 1 und - wegen der Temperaturabhängigkeit des ohmschen Widerstands des metallischen Spulenmaterials - auch die Versorgungsspannung der Spule 1 sind Störgrößen des Regelkreises, die maßgeblich die Höhe des elektrischen Stromes in der Spule beeinflussen.

Eine Schaltungsanordnung zum Regeln des durch eine Spule 1 fließenden elektrischen Stromes schließt ein Spulenstromkreis 4 und einen als Stromregler dienenden Mikroprozessor 5 (Figur 2) ein. Für die Durchführung eines noch zu beschreibenden Temperaturabgleichs, d.h. zum Ermitteln eines Korrekturwerts für die Spulentemperatur, werden außerdem ein Rechner 6, z.B. in Form eines Personalcomputers PC, sowie ein Temperatursensor 8 verwendet. Dieser ist in einem hier nur schematisch durch eine gestrichelte Linie angedeuteten Steuergerät 9 enthalten, das auch den Mikroprozessor 5 sowie noch zu erwähnende Bauteile  $R_{ST}$ ,  $R_{ST}$  und  $R_{LSPV}$  enthält. Das Steuergerät 9 dient z.B. zum Steuern eines automatischen Getriebes, einer Hinterachslenkung oder einer sonstigen Einrichtung in einem Kraftfahrzeug.

Der Spulenstromkreis 4 enthält folgende widerstandsbehaftete Elemente, die hier und in der Zeichnung durch ihren ohmschen Widerstand dargestellt sind: einen Sicherheitstristor mit dem Widerstand  $R_{ST}$ , eine elektrische Leitung mit dem Leitungswiderstand  $R_{LTG}$ , die Spule 1 mit dem Widerstand  $R_{Spule}$  einen

Leistungsschalter mit dem Widerstand  $R_{LSPV}$  und einen Shuntwiderstand zur Iststromermittlung mit dem Widerstandswert  $R_{SH}$ . Dem Leistungsschalter  $R_{LSPV}$  wird über eine Leitung 10 ein Stellsignal zugeführt, das an einem mit PWM bezeichneten Ausgang des Mikroprozessors 5 ausgegeben wird. Dieses Stellsignal ist pulswertenmoduliert, es enthält die Steuerinformation in Form seines Puls-Pause-Verhältnisses  $ppv$  und es regelt den Iststrom  $I_{Spule}$  im Spulenstromkreis 4.

Als Versorgungsspannung für den Spulenstromkreis dient die sog. KL15-Spannung, d.h. die in dem Steuergerät 9 ohnehin vorliegende Spannung  $U_{KL15}$  der Fahrzeugbatterie. Diese Spannung wird über eine Leitung 11 einem ersten Analog/Digital-Eingang des Mikroprozessors 5 zugeführt und der Iststrom in dem Spulenstromkreis 4 gelangt über eine Leitung 12 zu einem zweiten Analog/Digital-Eingang des Mikroprozessors 5.

Die sonstigen Widerständen des Spulenstromkreises 4, d.h. dessen Widerstände mit Ausnahme des Spulenwiderstands selbst, werden wie folgt zusammengefaßt:

$$\Sigma R_{sonst} = R_{LSPV} + R_{LTG} + R_{SH} + R_{ST} \quad (1)$$

Der Iststrom  $I_{Spule}$  durch die Spule 1 läßt sich wie folgt berechnen.

$$I_{Spule} = k * ppv * \frac{U_{KL15}}{R_{Spule(293K)} * [1 + \alpha * (T_{Spule} - 273K)] + \Sigma R_{sonst}} \quad (2)$$

und daraus ergibt sich durch Umformung die Spulentemperatur

$$T_{Spule} = k * ppv * \frac{U_{KL15}}{I_{Spule} * R_{Spule(293K)} * \alpha} - \frac{\Sigma R_{sonst}}{R_{Spule(293K)} * \alpha} - \frac{1}{\alpha} + 273K \quad (3)$$

Die in diesen und den nachfolgenden Gleichungen verwendeten Formelzeichen sind:

$\alpha$	Temperaturkoeffizient von Kupfer
$I_{Spule}$	Iststrom (mittlerer) durch die Spule 1
$k$	Proportionalitätsfaktor (0,9...1,3)
$ppv$	Puls-Pause-Verhältnis
$R_{SH}$	Shunt zur Iststrom-Ermittlung
$R_{ST}$	Sicherheitstransistor-Widerstand
$R_{LTG}$	Leitungswiderstand
$R_{LSPV}$	Widerstand des Leistungsschalters
$R_{Spule(293K)}$	Widerstand des Spule 1 bei 293K
$\Sigma R_{sonst}$	Summe der sonstigen Widerstände im Spulenstromkreis
$T_{Spule}$	Temperatur der Spule
$T_{SG}$	Temperatur des Steuergeräts 9
$TA$	Korrekturwert für Temperatur der Spule 1
$U_{KL15}$	Versorgungsspannung (der Spule 4)

Aus der Gleichung (3) ist ersichtlich, daß die Genauigkeit der Temperaturerfassung maßgeblich vom elektrischen Widerstand des Spulenstromkreises 4, d.h. insbesondere von der Summe aller sonstigen Widerstände  $\Sigma R_{sonst}$  abhängt. Diese Summe bewirkt einen Temperatur-Offset, d.h. eine Verfälschung des ermittelten Temperaturwerts, der von Spulenkreis zu Spulenkreis verschieden ist.

Um diese Verfälschung zu kompensieren, wird ein Abgleich mit Hilfe eines in dem Steuergerät 9 enthaltenen Temperatursensors 8 durchgeführt, d.h. ein Korrekturwert  $TA$  für die Spulentemperatur ermittelt. Der von dem Temperatursensor 8 gelieferte Spannungswert wird über eine Leitung 13 einem dritten Analog/Digital-Eingang des Mikroprozessors 5 zugeführt. Dieser Temperaturabgleich wird von dem Rechner 6 ausgelöst, und zwar über eine Diagnoseschnittstelle des Mikroprozessors 5, mit der er über eine Leitung 14 verbunden ist. Vor dem Abgleich, d.h. vor der Ermittlung des Korrekturwertes  $TA$ , muß dafür gesorgt werden, daß das Steuergerät 9 und die Spule 1 die gleiche Temperatur aufweisen. Dann gilt für den Korrekturwert  $TA$  folgendes

$$TA = T_{SG} - k * ppv * \frac{U_{KL15}}{I_{Spule} * R_{Spule(293K)} * \alpha} \quad (4)$$

Hieraus ergibt sich:

$$T_{Spule} = k * ppv * \frac{U_{KL15}}{I_{Spule} * R_{Spule(293K)} * \alpha} + TA \quad (5)$$

Mit dem einmal ermittelten Temperaturwert TA kann dann jederzeit und laufend durch den Mikroprozessor 5 die Temperatur der Spule 1 aus den von ihm empfangenen Meßwerten und den ihm bekannten Größen exakt ermittelt werden. Ändert sich nach einiger Zeit, vor allem bei kleinem Spulenwiderstand, der Widerstand in dem Spulenstromkreis zum Beispiel durch Alterung von Steckerkontakten, so kann durch eine erneute Ermittlung des Korrekturwertes TA die Meßgenauigkeit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einfacher Weise wiederhergestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zum Ermitteln der Temperatur einer stromgeregelten elektrischen Spule (1), insbesondere der Spule eines elektromagnetischen Proportionalventils einer hydraulischen Stellvorrichtung, durch Messen des ohmschen Widerstandes der Spulenwicklung, **dadurch gekennzeichnet**,
  - daß der mittlere Strom ( $I_{Spule}$ ) durch die Spule (1) von einer Steuer- und Auswerteschaltung (5) mit einem pulsweitenmodulierten Stellsignal (PWM) geregelt wird,
  - daß durch die Steuer- und Auswerteschaltung (5) bei mit der Temperatur eines Temperatursensors (8) abgeglichenen Temperatur ( $T_{Spule}$ ) der Spule (1) ein Korrekturwert (TA) ermittelt wird, der den Störeinfluß der sonstigen Widerstände ( $\Sigma R_{sonst}$ ) in dem Spulenstromkreis (4) auf dessen Temperatur berücksichtigt, und
  - daß die Temperatur der Spule (1) aus deren Versorgungsspannung ( $U_{KL15}$ ), dem Puls-Pause-Verhältnis (ppv) des Spulenstromes ( $I_{Spule}$ ) und dem Spulenstrom selbst unter Berücksichtigung des Korrekturwertes (TA) berechnet wird.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuer- und Auswerteschaltung (5) als Mikroprozessor (5) ausgebildet ist und daß durch diesen der Spannungsabfall in dem Spulenstromkreis (4) ermittelt und das die Regelung des Spulenstromes bewirkende pulsweitenmodulierte Stellsignal (PWM) abgegeben wird.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das pulsweitenmodulierte Stellsignal einem in dem Spulenstromkreis (4) liegenden Leistungsschalter ( $R_{LSPV}$ ) zugeführt wird.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperatursensor (8) in einem mit der Spule verbundenen Steuergerät (9) enthalten ist.
5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikroprozessor (5) einen Diagnoseeingang aufweist, an den ein Rechner (6) angeschlossen wird, von dem die Ermittlung des Temperatur-Korrekturwertes (TA) durch den Mikroprozessor (5) ausgelöst wird.
6. Verfahren zum Ermitteln der Temperatur einer stromgeregelten elektrischen Spule, insbesondere der Spule eines elektromagnetischen Proportionalventils einer hydraulischen Stellvorrichtung, bei dem der ohmsche Widerstand der Spulenwicklung gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**,
  - daß der mittlere Strom durch die Spule mit einem pulsweitenmodulierten Stellsignal geregelt wird,
  - daß bei mit der Temperatur eines Temperatursensors abgeglichenen Temperatur der Spule ein Korrekturwert ermittelt wird, der den Störeinfluß der sonstigen Widerstände im Spulenstromkreis (4) auf dessen Temperatur berücksichtigt, und

- daß die Temperatur der Spule aus deren Versorgungsspannung, dem Puls-Pause-Verhältnis des Spulenstromes und dem Spulenstrom selbst unter Berücksichtigung des Korrekturwertes berechnet wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

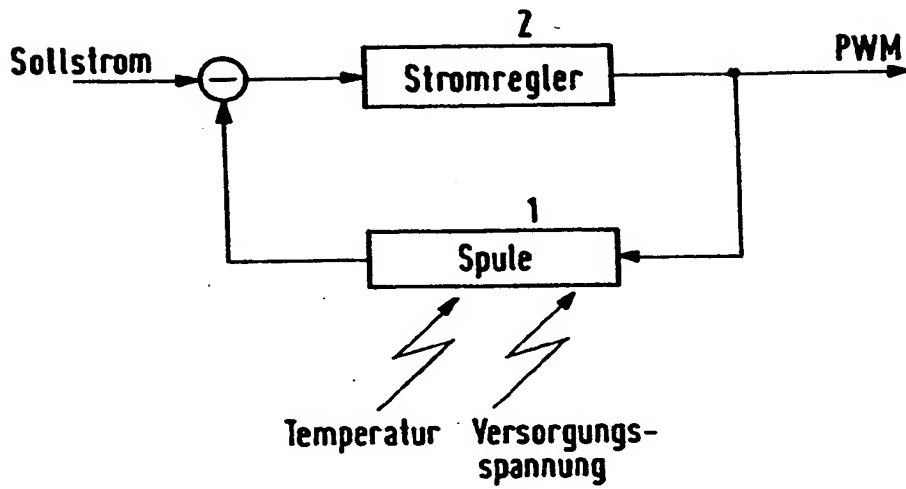
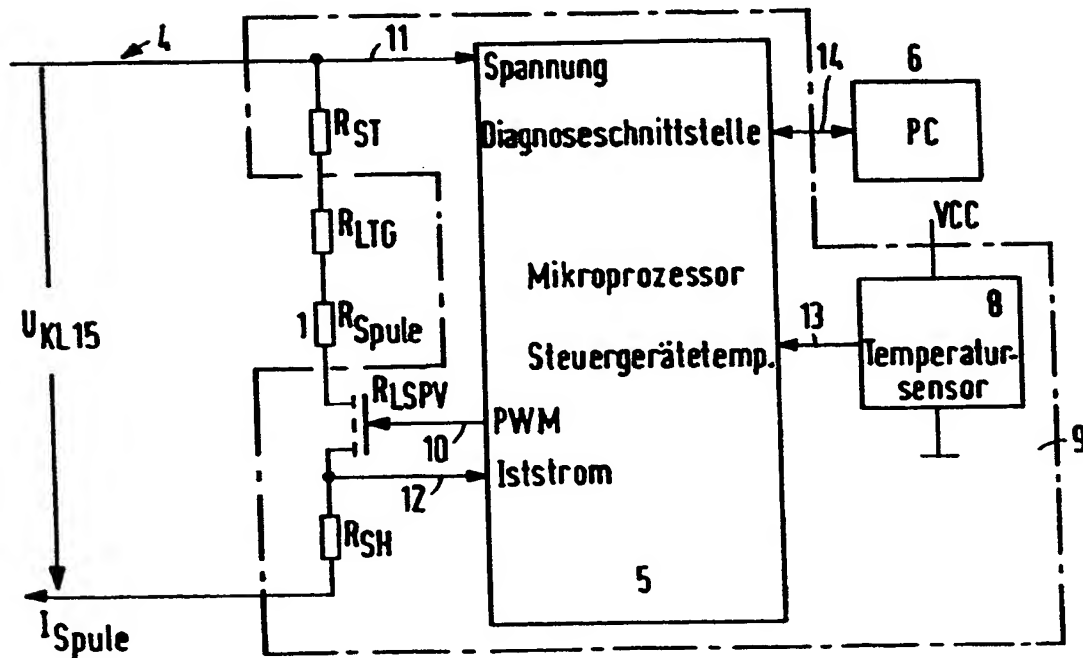


FIG 2







Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 93 11 2002

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,D	DE-A-32 40 153 (BOSCH) 3. Mai 1984 * Seite 13 - Seite 19 * ---	1	G01K15/00
A	EP-A-0 192 373 (WESTINGHOUSE) 27. August 1986 * Seite 3, Zeile 4 - Seite 4, Zeile 35 * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 234 (P-230)(1379) 18. Oktober 1983 & JP-A-58 121 418 (MATSUSHITA) 19. Juli 1983 * Zusammenfassung * ---	1,5,6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 234 (P-230)(1379) 18. Oktober 1983 & JP-A-58 121 419 (MATSUSHITA) 19. Juli 1983 * Zusammenfassung * ---	1,5,6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 150 (P-297)(1295) 30. Juni 1983 & JP-A-58 061 432 (TOKYO SHIBAURA DENKI) 12. April 1983 * Zusammenfassung * -----	1,6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G01K G05D F16H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>21. Dezember 1993</b>	Prüfer <b>Ramboer, P</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument I : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPD FORM 1503 03.82 (P/MC01)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**